

Treibhausgasemissionen aus der gekoppelten Milch- und Fleischproduktion in der Schweiz

Stefan Probst¹, Daniela Wasem¹, Desirée Kobel¹, Monika Zehetmeier² und Christine Flury¹

¹Berner Fachhochschule, Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL, 3052 Zollikofen, Schweiz

²Institut für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft LFL, 80638 München, Deutschland

Auskünfte: Stefan Probst, E-Mail: stefan.probst@bfh.ch



Zweinutzungskühe im Melkstand auf der Fafleralp (VS).

(Foto: Christine Flury, HAFL)

Einleitung

In der Schweiz ist die Milchproduktion für 58 % der jährlichen Methanemissionen aus der Landwirtschaft verantwortlich (Bundesamt für Umwelt 2017). Es wurde gezeigt, dass die Methanemissionen pro kg produzierte Milch mit zunehmendem Milchleistungsniveau der

Kühe abnehmen (Flachowsky und Brade 2007). In der Folge wurde die Erhöhung des Milchleistungsniveaus als Strategie zur Reduktion der Methanemissionen aus der Milchproduktion vorgeschlagen (Flachowsky und Brade 2007). Dasselbe gilt ebenso für die gesamten Treibhausgasemissionen (THGE), da mit einer höheren Einzeltierleistung die gleiche Milchmenge mit weniger Tieren produziert werden kann (z.B. Monteny *et al.* 2006). Bei diesen Betrachtungen wird jedoch die in Europa weit verbreitete Koppelung der Milch- und Fleischproduktion ausser Acht gelassen. Im Jahr 2017 kamen rund 80 % der geschlachteten Tiere – über alle Kategorien der Gattung Rind gesehen – aus der schweizerischen Milchproduktion (Proviande 2018; Mutterkuh Schweiz 2018). Somit ist auch für die Schweiz die gekoppelte Milch- und Fleischproduktion nach wie vor sehr wichtig. Zehetmeier *et al.* (2012) haben die THGE für die gekoppelte Milch- und Fleischproduktion in Deutschland modelliert und gezeigt, dass die THGE von Zweinutzungskühen (Deutsches Fleckvieh mit 8000 kg Milchleistung) im Vergleich mit milchorientierten Kühen (Holstein mit 10000 kg Milchleistung) bei konstanter Milch- und Fleischproduktion tiefer ausfallen. Durch die Konstanthaltung der Fleischproduktion muss die fehlende Fleischmenge von milchorientierten Kühen durch Mutterkuhhaltung kompensiert werden, was die THGE erhöht. Für die vorliegende Arbeit wurde das Modell von Zehetmeier *et al.* (2012) für die Abschätzung der THGE in der Schweiz zur Verfügung gestellt. Basierend auf den Schweizer Referenzdaten wurde der Einfluss der gekoppelten Milch- und Fleischproduktion unter Berücksichtigung von verschiedenen Milchleistungsniveaus (d.h. Zweinutzungskuh vs. milchorientierte Kuh) modelliert. Zusätzlich wurde für alle Varianten der milchorientierten Kühe auch der Einfluss eines konsequenten Einsatzes von gesextem Sperma in Kombination mit Mastrassenbesamungen auf die Treibhausgasemissionen untersucht.

Material und Methoden

Für die Modellierung der THGE wurde das Modell aus Zehetmeier *et al.* (2012) verwendet und mit Referenzdaten aus der Schweiz gespiesen. Die wichtigsten Annahmen zu den verschiedenen Parametern der Milchproduktion und Fleischproduktion sind Bestandteil von Tabelle 1. Für die Milchproduktion wurden die THGE für vier verschiedene Milchleistungsniveaus modelliert: 6000 kg (M6), 7100 kg (M7,1), 8500 kg (M8,5) und 10000 kg (M10) pro Jahr. Die ersten drei Varianten (M6, M7,1, M8,5) entsprechen den mittleren Milchmengen im Jahr 2017 der Rassen Simmental, Swiss Fleckvieh und Holstein (Swissherdbook 2018), wobei die Leistung der Rasse Simmental zur besseren Vergleichbarkeit mit Zehetmeier *et al.* (2012) auf 6000 kg aufgerundet wurde. Die vierte Variante (M10) entspricht einer Holstein-Kuh mit 10000 kg Jahresmilchmenge. Für die Leistungsniveaus M7,1 bis M10 wurde jeweils zusätzlich eine Variante unter Berücksichtigung von kombiniertem Einsatz von gesextem Sperma mit Mastrassengenetik untersucht. Exemplarisch sind in Tabelle 1 die Annahmen für die Holstein-Kuh (Variante M10s) dargestellt. Die gekoppelte Fleischproduktion wurde für jede Variante unter Berücksichtigung der Schlachtleistungen der nicht zur Remontierung verwendeten Kälber und der geschlachteten Kühen berechnet. Es wurde angenommen, dass alle männlichen Kälber der Variante M10 in die Kälbermast gehen. Für die Fleischproduktion aus der Mutterkuhhaltung (MuKu) wurde eine durchschnittliche Mutterkuh modelliert, unter der Annahme, dass die eine Hälfte der Kälber als Natura-Beef und die andere Hälfte der Kälber nach einer intensiven Ausmast geschlachtet werden. Die Daten für die weiteren Annahmen aus Tabelle 1 wurden freundlicherweise von Mutterkuh Schweiz und Swissherdbook zur Verfügung gestellt und bei Bedarf mit Angaben aus der Literatur ergänzt. Zur Beschreibung der durchschnittlichen Zusammensetzung der Rationen für unterschiedliche Milchleistungsniveaus wurden Ergebnisse aus der Schweiz (Reidy und Ineichen 2015) verwendet.

Basierend auf diesen Annahmen wurden die THGE pro Kuh und Jahr modelliert. Das Modell berechnet sowohl primäre THGE (Emissionen aus der enterischen Fermentation der Tiere und weitere THGE, die direkt auf dem Betrieb entstehen) als auch sekundäre THGE (Düngerproduktion, Pflanzenschutzmittel, Futterzukauf und weitere THGE, die ausserhalb des Betriebes verursacht werden) (vgl. Zehetmeier *et al.* 2012). Die Emissionen wurden für zwei verschiedene Szenarien berechnet: Im Szenario 1 wurde der Einfluss der Milchleistungsniveaus

Zusammenfassung

Die gekoppelte Milch- und Fleischproduktion im Rindviehsektor ist in der Schweiz von grosser Bedeutung. In der vorliegenden Studie wurden die Treibhausgasemissionen pro Kuh und Jahr für Schweizer Referenzdaten modelliert, unter Berücksichtigung unterschiedlicher Milchleistungsniveaus und der anfallenden Rindfleischmengen. Weiter wurden die Auswirkungen des Einsatzes von gesextem Sperma in Kombination mit Mastrassenbesamungen auf die Treibhausgasemissionen ermittelt. Die Auswertungen haben gezeigt, dass bei einer Zweinutzungs Kuh das Verhältnis der jährlich produzierten Milchmenge zur produzierten Fleischmenge rund 24 beträgt. Dies entspricht ziemlich genau dem Verhältnis der Schweizer Produktion im Jahr 2017 und den vorangehenden Jahren. Unter alleiniger Berücksichtigung der Milchleistung sind die Treibhausgasemissionen pro Referenzkuh und Jahr für eine Zweinutzungs Kuh höher (9226 kg CO₂eq) als für eine Hochleistungs Kuh (5842 kg CO₂eq). Unter Berücksichtigung der Milch- und Fleischleistung sind hingegen die CO₂-Emissionen von Zweinutzungskühen – verglichen mit milchorientierten Kühen – tiefer. Wird jedoch bei milchbetonten Kühen für die Sicherstellung der Nachzucht konsequent gesextes Sperma und bei allen übrigen Belegungen Mastrassengenetik eingesetzt, dann sind die CO₂-Emissionen bei 10000 kg Jahresmilchleistung (8787 kg CO₂-eq) sogar tiefer als die Emissionen einer Zweinutzungs Kuh. Aus Überlegungen des Klimaschutzes sollten Belegungen konsequent gesext, kombiniert mit Mastrassengenetik, erfolgen. Für Berggebiete oder Bio-Betriebe ist die Arbeit mit Zweinutzungsrassen zielführend.

auf die THGE unter Konstanthaltung der Milchproduktion untersucht. Im Szenario 2 wurde die Milch- und Fleischproduktion konstant gehalten und die THGE geschätzt. Die durch höhere Milchleistungen fehlende Fleischmenge wurde dabei durch Fleischproduktion aus der Mutterkuhhaltung ergänzt.

Tab. 1 | Wichtigste Annahmen zu Produktion und Management für die modellierten Varianten (M 6 = Milchkuh mit 6000 kg Milch/Jahr, M 7,1 = 7100 kg Milch/Jahr, M 8,5 = 8500 kg Milch/Jahr, M 10 = 10 000 kg Milch/Jahr, M 10s = M 10 mit Einsatz von gesextem Sperma und Mast-rassenkreuzungen, MuKu = Mutterkuhhaltung)

	M 6	M 7,1	M 8,5	M 10	M 10s	MuKu
Zwischenkalbezeit* (Tage)	393	401 d	412 d	423 d	423 d	376 d
Remontierungsrate	0,27	0,285	0,30	0,30	0,30	0,20
Tageszuwachs Mastmuni (g)	1300	1200	1100	1100	1300	1300
Tageszuwachs Rinder (g)	750	700	650	650	750	1300
TS-Verzehr (Kuh in Laktation) (kg/Tag)	17,3	18,7	19,8	21,7	21,7	13,2

*nach Haenel (2010)

Resultate

Eine Zweinutzungskuh mit 6000 kg Jahresleistung liefert 5760 kg Konsummilch und 243 kg Schlachtgewicht pro Jahr (Tab. 2). Die Fleischproduktion setzt sich zusammen aus abgehenden Kühen sowie der Kälber-, Muni- und Rindermast der nicht für die Remontierung benötigten Kälber. Das Verhältnis von Milch- zu Fleischmenge beträgt für die Zweinutzungskuh (M6) 23,7, was ziemlich genau dem Verhältnis der Schweizer Produktion im Jahr 2017 entspricht (3,4 Mio. t Milch zu 139 000 t Schlachtgewicht Rind- und Kalbfleisch = 24,5) (Milchstatistik 2018; Proviande 2018). Die THGE dieser Kuh inkl. Mast der überzähligen Kälber betragen 9226 kg CO₂eq pro Jahr. Mit steigender Milchleistung der Kühe werden weniger Tiere benötigt, um die gleiche Milchmenge zu produzie-

ren, die THGE sinken bei konstanter Milchproduktion im Szenario 1 entsprechend von 9226 kg (M6) auf 5842 kg (M 10) CO₂eq pro Jahr (Tab. 2). Dieser Rückgang ist damit zu begründen, dass nur 0,6 Milchkühe mit 10 000 kg Jahresleistung benötigt werden, um die gleiche Milchmenge wie eine Kuh mit 6000 kg Jahresleistung zu produzieren. Dadurch sinkt auch die Fleischproduktion von 243 kg/Jahr (M6) auf noch 102 kg/Jahr (M 10). Dies einerseits ebenfalls durch die geringere Zahl an Tieren, andererseits auch aufgrund der geringeren Mastleistung von Tieren des Milchleistungsniveaus M 10 gegenüber M6. Entsprechend steigt das Verhältnis von produzierter Milch- zu Fleischmenge von 23,7 auf 56,5 an (Tab. 2). Das Verhältnis der Milch- und Fleischproduktion war in den vergangenen zehn Jahren praktisch konstant (Abb. 1). Unter der Annahme, dass der Markt eine

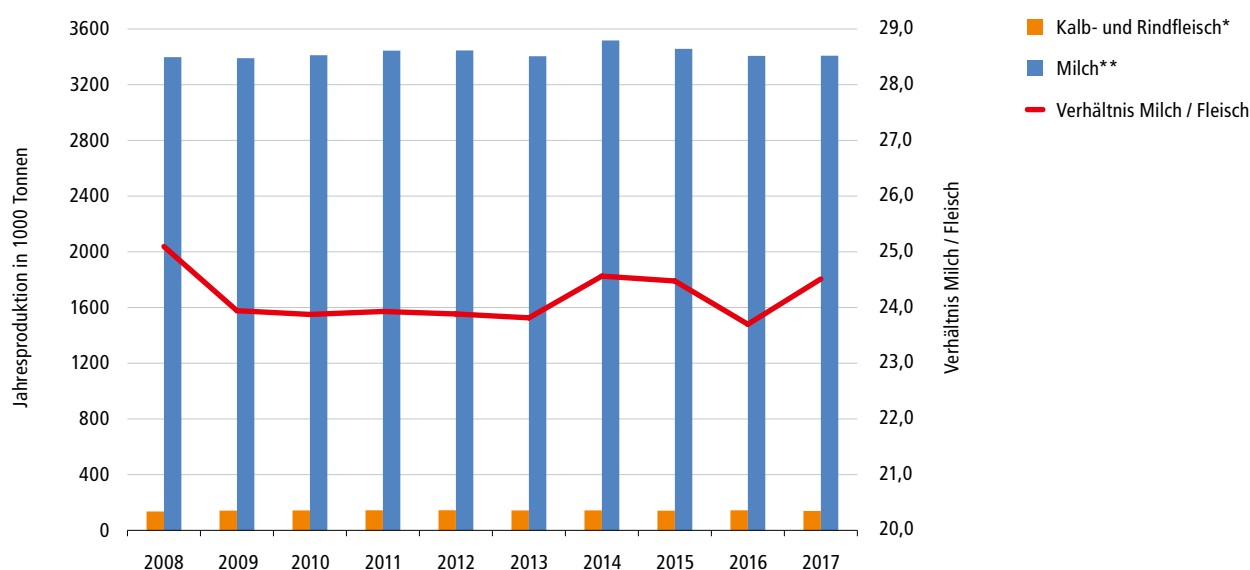


Abb. 1 | Entwicklung der Jahresproduktion Kalb- und Rindfleisch (*Proviande 2018) und der Jahresproduktion Milch (Milchstatistik 2018) sowie des Verhältnisses zwischen Milch- und Fleischproduktion in den Jahren 2008 bis 2017.**

Tab. 2 | Output des Modells in Szenario 1 mit konstanter Milchproduktion und variabler Fleischproduktion (M6 = Milchkuh mit 6000 kg Milch/Jahr, M7,1 = 7100 kg Milch/Jahr, M8,5 = 8500 kg Milch/Jahr, M10 = 10 000 kg Milch/Jahr, M10s = M10 mit Einsatz von gesextem Sperma und Mastrassenkreuzungen, THGE = Treibhausgasemissionen)

	M6	0,85 M7,1	0,71 M8,5	0,60 M10	0,60 M10s
Milchproduktion (kg/Jahr)	5760	5760	5760	5760	5760
Fleischproduktion (kg/Jahr)	243	177	125	102	139
Verhältnis von Milch- zu Fleischproduktion	23,7	32,5	46,1	56,5	41,4
total THGE (kg CO ₂ eq/Jahr)	9226	8040	6707	5842	6131
enterische Fermentation	4980	4242	3440	2982	3212
übrige primäre Emissionen	3053	2626	2168	1840	1968
sekundäre Emissionen	1193	1172	1099	1020	951

konstante Menge Fleisch aus der Rindviehproduktion verlangt, muss bei steigender Milchleistung der Rückgang in der Fleischproduktion durch Mutterkuhhaltung kompensiert werden. Die entsprechenden Berechnungen wurden im Szenario 2 durchgeführt, wobei eine Zweinutzungs Kuh mit 5760 kg Konsummilch und 243 kg Fleisch (M6) als Referenz genommen wurde. Dabei steigen bei einer konstanten Fleischproduktion von 243 kg die THGE des Gesamtsystems von 9226 kg bei einer Kuh M6 auf 9719 kg CO₂eq pro Jahr für 0,85 Kühe M7,1 zusammen mit 0,26 Mutterkühen (Tab. 3). Die 0,26 Mutterkühe werden benötigt, um die fehlende Fleischmenge von 66 kg zu kompensieren. Die THGE bei konstanter Milch- und Fleischproduktion gehen im Szenario 2 mit zunehmender Milchleistung wieder etwas zurück, lie-

gen aber auch bei sehr hohen Leistungen (0,60 M10 + 0,56 MuKu) mit 9443 kg CO₂eq pro Jahr über dem Referenzsystem M6.

Ein Nachteil der Milchproduktion mit stark milchbetonten Rassen ist die ungenügende Mastleistung der männlichen Kälber. Spermasexing ermöglicht es, nur noch die für die Nachzucht benötigten Besamungen mit Milchrassegenetik durchzuführen und bei der Besamung der restlichen Kühe Mastrassenstiere einzusetzen. Die daraus hervorgehenden Kälber zeigen höhere Mastleistungen und eignen sich im Gegensatz zu Milchrassestieren auch für die Grossviehmast. Aus diesem Grund wurden zusätzlich die Varianten basierend auf einem konsequenten Einsatz von gesextem Sperma kombiniert mit Mastrassegenetik berechnet. Exemplarisch sind die

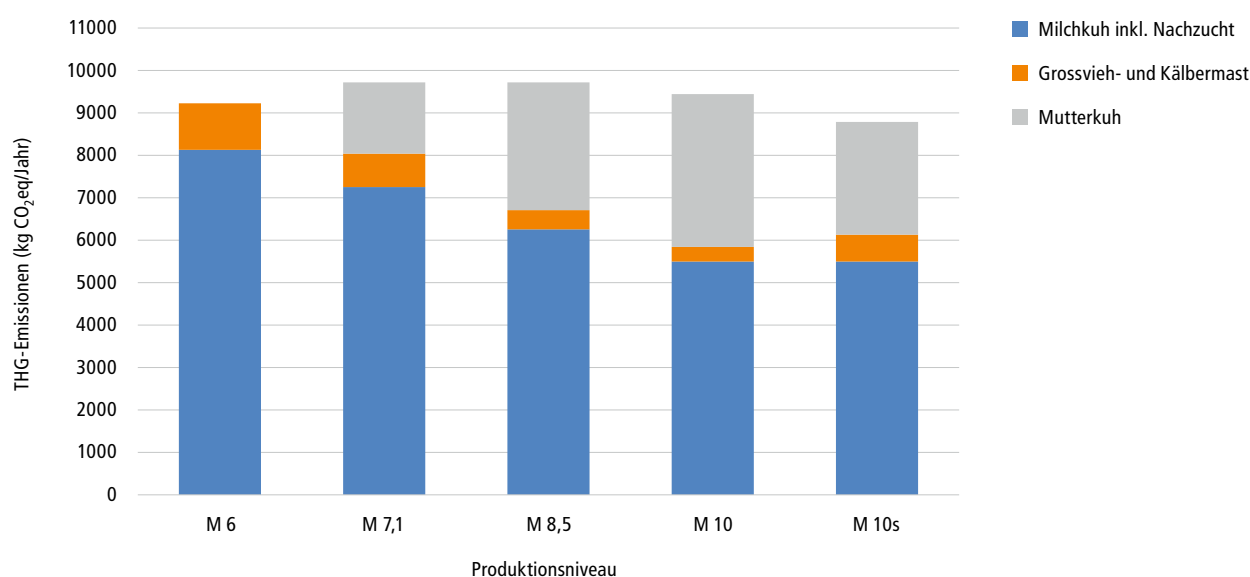


Abb. 2 | Treibhausgasemissionen bei konstanter Milch- und Fleischproduktion für unterschiedliche Produktionsniveaus. Die Emissionen beziehen sich auf die Produktion von 5760 kg Milch und 243 kg Schlachtgewicht Kalb- und Rindfleisch.

Tab. 3 | Output des Modells in Szenario 2 mit konstanter Milch- und Fleischproduktion (M6 = Milchkuh mit 6000 kg Milch/Jahr, M7,1 = 7100 kg Milch/Jahr, M8,5 = 8500 kg Milch/Jahr, M10 = 10000 kg Milch/Jahr, M10s = M10 mit Einsatz von gesextem Sperma und Mastrassenkreuzungen, MuKu = Mutterkuh, THGE = Treibhausgasemissionen)

	M6	0,85 M7,1 + 0,26 MuKu	0,71 M8,5 + 0,47 MuKu	0,60 M10 + 0,56 MuKu	0,60 M10s + 0,42 MuKu
Milchproduktion (kg/Jahr)	5760	5760	5760	5760	5760
Fleischproduktion (kg/Jahr)	243	243	243	243	243
total THGE (kg CO ₂ eq/Jahr)	9226	9719	9717	9443	8787
enterische Fermentation	4980	5143	5056	4915	4638
übrige primäre Emissionen	3053	3246	3279	3169	2948
sekundäre Emissionen	1193	1330	1382	1359	1201

Ergebnisse des Szenarios M10s dargestellt. Auf Grund der höheren Fleischproduktion dieses Systems (139 kg vs. 102 kg, bei konstanter Milchmenge) werden im Gegensatz zu M10 nur 0,42 statt 0,56 Mutterkühe benötigt, um die fehlende Fleischmenge gegenüber der Referenz zu kompensieren. Entsprechend sind die THGE dieses Systems tiefer als M10, sie erreichen mit 8787 kg CO₂eq pro Jahr auch tiefere Werte als die Referenz M6 (Abb. 2).

Diskussion

Im Vergleich zu Zehetmeier *et al.* (2012) liegen die THGE im Szenario 1 bei konstanter Milchmenge jeweils leicht tiefer. Die tieferen Emissionen dürften insbesondere auf die in der Schweiz kürzere Mastdauer auf Grund des geringeren Schlachtgewichts in der Schweizer Grossviehmast zurückzuführen sein. Entsprechend fällt auch die jeweilige Fleischproduktion deutlich tiefer aus. Die mit zunehmender Milchleistung abnehmenden THGE pro produzierter Milchmenge konnten hingegen auch für die Schweizer Daten gezeigt werden. Unter Vernachlässigung der Koppelung von Milch- und Fleischproduktion scheint eine höhere Milchleistung somit immer mit tieferen THGE verbunden zu sein. Dies trifft jedoch nicht mehr zu, wenn die Fleischproduktion konstant gehalten wird. Dass dabei die Zweinutzungskuh als Referenz dient ist gerechtfertigt, da das aktuell vom Schweizer Markt produzierte Verhältnis von Milch zu Schlachtgewicht ziemlich genau dem Verhältnis des Outputs einer Zweinutzungskuh entspricht. Dieses Verhältnis scheint über längere Zeit praktisch konstant zu sein wie die Zahlen der vergangenen zehn Jahre zeigen. Ohne langfristige Veränderungen beim Konsum und somit auch in der Produktion ist deshalb die angenommene Kompensation der bei höheren Milchleistungen fehlenden Fleischmengen durch Mutterkuhhaltung unausweichlich. Durch den zusätzlichen Bedarf an Mutterkühen fallen die THGE je-

doch überproportional höher aus. Im Vergleich mit Zehetmeier *et al.* (2012) fällt allerdings auf, dass die Unterschiede zwischen den Varianten eher tiefer ausfallen. So steigen die THGE unter Schweizer Bedingungen weniger stark an und gehen ab 8500 kg Jahresmilchleistung sogar wieder zurück, weil die Reduktion der Emissionen durch die höhere Milchleistung stärker ins Gewicht fällt als die Zunahme durch die Kompensation von Fleisch aus der Mutterkuhhaltung. Dennoch bleiben auch im vorliegenden Modell die THGE bei 10000 kg Jahresmilchmenge höher als bei einer Zweinutzungskuh. Dies ist nicht mehr der Fall, wenn bei höheren Milchleistungen konsequent auf Spermasexing kombiniert mit Mastrassengenetik gesetzt wird. Ein solches System schneidet auf Grund der Kombination von hohen Milch- und Mastleistungen bezüglich THGE am besten ab.

Schlussfolgerungen

- Eine Beurteilung der Treibhausgasemissionen allein für die Milchproduktion ist auf Grund des Koppelproduktes Rindfleisch nicht aussagekräftig.
- Bei steigender Milchleistung fällt weniger Rindfleisch an, was bei Beibehaltung des Produktionsverhältnisses von Milch zu Fleisch (in der Schweiz 24:1) durch zusätzliche Mutterkühe kompensiert werden muss und damit insgesamt zu höheren Emissionen führt als bei der Haltung von Zweinutzungskühen.
- Durch den Einsatz von Spermasexing kombiniert mit Mastrassengenetik können Systeme mit höheren Milchleistungen zu weniger Gesamtemissionen führen als solche mit Zweinutzungsrasen.
- Aus Überlegungen des Klimaschutzes sollten Belegungen konsequent gesext, kombiniert mit Mastrassengenetik, erfolgen. Für Berggebiete oder Bio-Betriebe ist hingegen die Arbeit mit Zweinutzungsrasen zielführend. ■

Riassunto**Emissioni di gas serra dalla produzione combinata di latte e carne in Svizzera**

La produzione combinata di latte e carne nel settore bovino riveste in Svizzera una grande importanza. Nel presente studio, usando dati di riferimento svizzeri, sono state modellizzate le emissioni di gas serra per mucca e anno per diversi livelli di produttività lattiera e carnea. Inoltre, sono state indagate le conseguenze sulle emissioni di gas serra dell'uso combinato di seme sessato e seme di razze da ingrasso. Le analisi hanno mostrato che il rapporto tra la produzione di latte e quella di carne di una mucca a duplice attitudine (circa 24) è quasi uguale a quello della produzione svizzera del 2017 e degli anni precedenti. Considerando solo la produttività lattiera, le emissioni di gas serra per anno e mucca di riferimento calano da 9226 kg (mucca a duplice attitudine) a 5842 kg (mucca ad alto rendimento) di CO₂e. Invece, se si considera sia la produttività lattiera che la resa di carne, le emissioni di CO₂ delle mucche a duplice attitudine restano più basse rispetto a quelle delle mucche da latte. Tuttavia, se nelle mucche da latte si fa un utilizzo sistematico di seme sessato per la rimonta e si ricorre alla genetica di razze da ingrasso per tutte le restanti inseminazioni, allora le emissioni di CO₂ generate da una produzione lattiera annuale di 10000 kg (8787 kg CO₂e) calano addirittura al di sotto delle emissioni di una mucca a duplice attitudine. Per proteggere il clima sarebbe quindi opportuno impiegare sempre seme sessato per la rimonta e genetica di razze da ingrasso per le altre inseminazioni. Nelle zone montane e nelle aziende agricole biologiche l'utilizzo di razze a duplice attitudine si dimostra conveniente.

Summary**Greenhouse gas emissions from coupled dairy-beef production in Switzerland**

Coupled dairy-beef systems are of major significance in Switzerland's cattle sector. Using Swiss reference data, the present study modelled greenhouse gas emissions per cow and year for a range of different milk and meat yield levels. The study also determined the impact on greenhouse gas emissions of using a combination of sexed semen and beef bull semen respectively on dairy cows. The results have shown that the ratio of milk to meat production of a dual-purpose cow (around 24) corresponds almost exactly to the ratio in Swiss production overall in 2017 and in the years prior. Taking only milk yield into account, the greenhouse gas emissions per reference cow and year fall from 9,226 kg CO₂eq. (dual-purpose cow) to 5,842 kg CO₂eq. (high-yielding cow). Taking both milk and meat yields into account, the CO₂ emissions of dual-purpose cows are lower than those of dairy cows. However, if for the insemination of dairy cows sexed semen is consistently used to produce replacements and beef bull genetics are used for all other inseminations, CO₂ emissions at an annual milk yield of 10,000 kg (8,787 kg CO₂eq.) are even lower than the emissions caused by a dual-purpose cow. For reasons of climate change mitigation, inseminations should consistently be carried out using sexed semen for replacements and beef bull genetics in other cases. For producers in mountain areas and for organic holdings the utilisation of dual-purpose breeds is expedient.

Key words: greenhouse gas emissions, dual purpose, sexed semen, dairy cow, beef production.

Literatur

- Bundesamt für Umwelt, 2017. Kenngrößen zur Entwicklung der Treibhausgasemissionen in der Schweiz 1990–2015.
- Flachowsky G. & Brade W., 2007. Potenziale zur Reduzierung der Methan-Emissionen bei Wiederkäuern. *Züchtungskunde* **79**, 417–465.
- Haenel H., 2010. Berechnung der Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft – Nationaler Emissionsbericht (NIR) 2010 für 2008. *Landbauforschung Sonderheft* **334**, 428 S.
- Milchstatistik, 2018. Milchstatistik der Schweiz 2017.
- Monteny G., Bannink A. & Chadwick D., 2006. Greenhouse gas abatement strategies for animal husbandry. *Agriculture Ecosystems & Environment* **112**, 163–170.
- Mutterkuh Schweiz, 2018. 37. Geschäftsbericht FLHB 2017.
- Proviande, 2018. Der Fleischmarkt im Überblick 2017.
- Reidy B. & Ineichen S., 2015. Rationszusammensetzung und Futterautonomie von Schweizer Milchproduktionsbetrieben. *59. Jahrestagung der AGGF*, 27.–29.08.2015, Aulendorf, 35–39.
- Swissherdbook, 2018. Zahlen aus dem Milchkontrolljahr 2017/2018.
- Zehetmeier M., Baudracco J., Hoffmann H. & Heissenhuber A., 2012. Does increasing milk yield per cow reduce greenhouse gas emissions? A system approach. *Animal* **6** 154–166.